مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۲، شماره ۱، سال ۱۳۹۵

اثر شوری و متیل جاسمونات بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی دو رقم ریحان

The Effects of Salinity and Methyl Jasmonate on Morphological and Biochemical Characteristics and Photosynthetic Pigments Content in Two Basil Cultivars

محمد مقدم[۱] و مهدی طالبی[۲]

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۶

چکیده

طالبی، م. و مقدم، م. ۱۳۹۵. اثر شوری و متیل جاسمونات بر خصوصیات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی دو رقم ریحان. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۲:** ۹۸- ۸۱

به منظور ارزیابی اثر متقابل شوری و متیل جاسمونات بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی دو رقم ریحان، آزمایشی گلدانی با استفاده از تنش شوری کلرید سدیم ۰، ۳۰، ۶۰ و۹۰ میلی‌مولار و محلول پاشی متیل جاسمونات ۰ و ۰/۵ میلی‌مولار در دو رقم تجاری Rubi و Genove انجام شد. در طول دوره رشد صفات مورفولوژیکی بیوشیمیائی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد تیمار شوری کلرید سدیم روی تمامی صفات اندازه‌گیری شده به جز محتوی کارتنوئید تاثیر معنی‌داری داشته است. با افزایش سطح شوری تا ۹۰ میلی‌مولار ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ساقه، میزان کربوهیدرات‌های کل و محتوای آب برگ در هر دو رقم کاهش ولی وزن تر ریشه، میزان نشت الکترولیت، پرولین، کلروفیل a و کلروفیل کل افزایش یافت. تیمار متیل جاسمونات بر روی وزن تر ساقه، میزان کربوهیدرات کل، پرولین و کلروفیل کل در سطح احتمال ۱ درصد و بر ارتفاع بوته، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و کلروفیل a و b در سطح احتمال ۵ درصد تاثیر معنی‌داری داشت ولی روی بقیه صفات بی‌تاثیر بود. اثر متقابل شوری و متیل جاسمونات فقط بر کلروفیل a، b و کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل شوری، متیل جاسمونات و رقم نیز بر وزن تر ریشه، کربوهیدرات کل، کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ولی روی صفات دیگر تاثیری نداشت. به طور کلی نتیجه این تحقیق نشان داد که دو رقم ریحان مورد مطالعه واکنش متفاوتی به شرایط تنش شوری و کاربرد متیل جاسمونات نشان دادند. کاربرد متیل جاسمونات در شرایط تنش شوری باعث بهبود صفات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و رنگیزه‌های فتوسنتزی در ریحان شد.

واژه‌های کلیدی: ریحان، ارقام، کلرید سدیم، پرولین، کلروفیل، هورمون‌ها.

نویسنده مسئول: m.moghaddam@um.ac.ir تلفن: ۰۹۱۵۵۵۹۴۱۲۸

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum*) گیاهی است یک ساله متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) که دارای خواص دارویی مهمی است. خواص ضد قارچی و آنتی‌اکسیدانی اسانس ریحان نیز به اثبات رسیده است (Javanmardi *et al*., 2002).

شوری پس از خشکی یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است که مزارع را غیرحاصلخیز کرده و یکی از معضلات کشاورزی به خصوص در ایران به شمار می‌رود (Qaseminezhad *et al*., 2011). شوری عبارت است از حضور بیش از اندازه نمک‌های قابل حل و عناصر معدنی در محلول آب و خاک که منجر به تجمع نمک در ناحیه ریشه شده و گیاه در جذب آب کافی از محلول خاک با اشکال روبه رو می‌شود. یون‌هایی که در بروز شوری نقش دارند شامل کلرور، سولفات، بی‌کربنات، سدیم، کلسیم، منیزیوم و به ندرت نیترات و پتاسیم هستند، اما یون‌های سدیم و کلر اهمیت بیشتری دارند (Nazarbigi and Bluchi, 2011). شوری یک تنش محیطی و یک مانع اساسی برای تولید محصول است. در کشور ما تنش شوری همواره بر بقاء و عملکرد اقتصادی محصولات کشاورزی اثر سوء داشته است. شوری از طریق کاهش پتانسیل آب و سمیت یون‌های خاص از قبیل سدیم و کلر و کاهش عناصر غذایی مورد نیاز مانند کلسیم و پتاسیم بر جوانه‌زدن بذرها و استقرار گیاهچه آنان تأثیر می‌گذارد (Shafizade *et al*., 2011). هیچ ماده سمی رشد گیاه را بیشتر از نمک در مقیاس جهانی محدود نمی‌کند. هر چه غلظت نمک بالاتر باشد کاهش رشد بیشتر است. سرعت توسعه برگ تحت تاثیر میزان سدیم و کلر قرار می‌گیرد که می‌تواند شاخص مناسبی برای تعیین مقاومت به شوری باشد. شوری بر همه جنبه‌های متابولیسم گیاهی اثر گذاشته و تغییراتی را در آناتومی و مورفولوژی گیاه ایجاد می‌کند. برخی از این تغییرات در واقع سازگاری‌هایی است که کمک می‌کند تا گیاه استرس ناشی از شوری را تحمل کند، ولیکن بیشتر تغییرات مشاهده شده علامت خسارت ناشی از شوری است (Azarnivand and Qorbani, 2007). اثر مخرب ناشی از انواع تنش‌های زیستی و غیر زیستی نظیر شوری، کم آبی و سرما توسط برخی از هورمون‌های گیاهی نظیر متیل جاسمونات‌ها کاهش می‌یابد (Li *et al*., 1998).

جاسمونات‌ها (جاسمونیک اسید و متیل استر آن، متیل جاسمونات) گروهی از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی محسوب می‌شوند که در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک شرکت و نقش تدافعی در گیاه ایفا می‌کنند (Bari and Jones, 2009). در واکنش گیاهان نسبت به تنش، این ترکیب‌ها به عنوان کدکننده ژن‌های پروتئین‌های بازدارنده نظیر پروتئین‌های

تئونین، اسموتین، هیدروکسی پرولین و پرولین و همچنین آنزیم‌های دخیل در بیوسنتز فلاونوئید در نظر گرفته می‌شوند (Srivastava, 2002). به منظور تعیین نقش متیل جاسمونات در بهبود مقاومت به شوری بابونه مشخص شد که متیل جاسمونات باعث افزایش میزان پرولین و در نتیجه آن باعث افزایش قابل توجهی در پایداری غشاء و افزایش مقاومت گیاه به شوری شد (Salimi *et al*., 2010). در آزمایشی به منظور تعیین نقش متیل جاسمونات بر عملکرد فیزیولوژیک گیاه سویا مشخص شد متیل جاسمونات در غلظت‌های کم با افزایش توان دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش تنش اکسیداتیو موجب بهبود رشد گیاه سویا شد، در حالی که غلظت‌های بالای آن موجب افزایش پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش رشد گیاه شد (Keramat and Daneshmand, 2012). همچنین نشان داده شده است که متیل جاسمونات باعث افزایش شدید محتوی پروتئین در ریشه کلزا می‌شود (Comparot *et al*., 2002). تیمار گیاهان توت فرنگی با متیل جاسمونات به طور موثر از پراکسیداسیون لیپیدها و تولید مالون دی آلدئید کاست و با بالا نگه داشتن سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز مانع اثر رادیکال‌های آزاد حاصل از تنش، بر غشاء سلولی شد (Wang, 1999). گزارش شده است که کاربرد متیل جاسمونات در شرایط استرس کم آبی در گیاه ذرت باعث افزایش محتوی آسکوربیک اسید در رقم مقاوم شده می‌شود (Li *et al*., 1998).

هدف از این آزمایش بررسی پاسخ دو رقم تجاری و پرکاربرد ریحان (Rubi و Genove) به تنش شوری حاصل از کلرید سدیم و تاثیر محلول‌پاشی متیل جاسمونات در کاهش اثر سوء آن از طریق تاثیر بر خصوصیات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و رنگیزه‌های فتوسنتزی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش شوری کلرید سدیم و کاربرد متیل جاسمونات روی دو رقم تجاری ریحان آزمایشی گلدانی در فروردین ۱۳۹۳ در محل گلخانه‌های تحقیقاتی علوم باغبانی دانشگاه فردوسی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم تجاری ریحان Rubi و Genove، چهار سطح کلرید سدیم ۰ (شاهد)، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی مولار و محلول‌پاشی متیل جاسمونات در دو سطح ۰ و ۰/۵ میلی‌مولار بودند. سطوح شوری به کاربرده شده با اضافه کردن نمک طعام (NaCl) به آب آبیاری اعمال شد و محلول‌پاشی متیل جاسمونات در دو مرحله ساقه رفتن و ظهور گل‌آذین انجام شد. محلول‌پاشی متیل جاسمونات به صورتی انجام شد که تمام پیکررویشی گیاه به طور کامل خیس شد.

برای انجام آزمایش حدود ۲۰ عدد بذر ارقام

ریحان در گلدانهایی به قطر ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری کاشته شدند. خاک درون هر گلدان مخلوطی از خاک باغچه، ماسه و کود دامی پوسیده همراه با خاک برگ به نسبت ۱:۲:۵ بود. این مخلوط خاکی در تمامی گلدان‌ها به یک اندازه ریخته شد. تنک کردن بوته‌ها در دو مرحله ۳ و ۶ برگی انجام شد، به طوری که در نهایت تعداد بوته‌ها در هر گلدان پنج بوته در نظر گرفته شد. تا یک ماه پس از کاشت بذر (تقریبا ۱۰-۸ برگی شدن بوته‌ها) گلدان‌ها به صورت یکسان آبیاری شدند. از این مرحله به بعد تیمارهای شوری روی گیاهان اعمال شد، به این صورت که هر سطح شوری به مدت یک هفته و هر دو روز یک بار همراه با آب آبیاری به گیاهان داده می‌شد و در پایان هر هفته به منظور جلوگیری از تجمع نمک، گلدان‌ها با آب معمولی آبیاری سنگین می‌شدند. تیمارها عصرها بین ساعت ۱۸-۱۶ اعمال می‌شدند. در نهایت پس از حدود یک ماه از اعمال تنش شوری، صفات مورفولوژیکی، بیوشیمایی و رنگیزه‌های فتوسنتزی در مرحله گل‌دهی مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات اندازه‌گیری شده شامل طول ساقه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، محتوای آب برگ، نشت الکترولیت، رنگدانه‌های گیاهی، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، میزان کربوهیدرات کل و پرولین بودند.

برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه توسط ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۶٪ عصاره‌گیری شد. سپس عصاره‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از آن ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره شفاف بالایی همراه با ۲ میلی‌لیتر معرف آنترون ترکیب شد و در نهایت پس از اعمال ۱۰ دقیقه دمای آب جوش میزان جذب نور در ۶۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر مدل مدل UK Bio Quest, CE2502 قرائت شد (Hedge and Hofreiter, 1962).

برای اندازه‌گیری پرولین ۵۰ میلی‌گرم برگ خشک همراه با ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳/۳٪ به خوبی سائیده شد. در مرحله بعد ۱ میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین و ۱ میلی‌لیتر اسید استیک گلایسیال خالص به هر یک از لوله‌های محتوی عصاره افزوده شد. لوله‌ها به مدت یک ساعت در حمام آب جوش (بن ماری) در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از سرد شدن در زیر هود ۳ میلی‌لیتر تولوئن به آن‌ها افزوده شد. سپس به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه شدیداً توسط شیکر تکان داده شدند. در نهایت میزان جذب نور در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد.

برای اندازه‌گیری محتوی نسبی آب (RWC) برگ یک نمونه برگی از قسمت میانی ساقه اصلی گیاه انتخاب شده و پس از اندازه‌گیری وزن تر آن (FW) نمونه به مدت ۶ ساعت در آب مقطر برای اندازه‌گیری وزن

آماس (TW) قرار داده شد و پس از آن برای اندازه‌گیری وزن خشک (DW) به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و در نهایت با استفاده از فرمول زیر مقدار نهایی آن به دست آمد (Ritchis *et al.*, 1990):

$$\%RWC = (FW-DW)/(TW-DW) \times 100$$

برای تعیین نشت الکترولیت و پایداری غشاء قطعات برگ ۲ سانتی‌متر تهیه و پس از شستشو همراه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در شیشه‌های ویال قرار داده شدند. ویال‌ها به مدت ۱۸-۱۷ ساعت به وسیله شیکر با ۱۶۰ دور در دقیقه تکان داده شدند. سپس توسط دستگاه هدایت سنج مدل JENWAY هدایت الکتریکی آب درون ویال‌ها اندازه‌گیری شد (E1) سپس لوله‌های آزمایش به منظور کشته شدن سلول‌های برگی به اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه منتقل شدند. بعد از سرد شدن ویال‌ها هدایت الکتریکی آن بار دیگر اندازه‌گیری شد (E2) و در نهایت توسط فرمول زیر مقدار نهایی آن به دست می‌آید (Marcum, 1998):

$$EL= (E_1/E_2)*100$$

هدایت الکتریکی اولیه: E_1

هدایت الکتریکی بعد از اعمال اتوکلاو: E_2

برای اندازه‌گیری محتوی کلروفیل و کارتنوئید حدود ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه تهیه شده و با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۹۹٪ عصاره گیاه تهیه شد. سپس عصاره در لوله‌های آزمایش به منظور ته نشین شدن مواد جامد محلول ریخته شد و پس از دو فاز شدن میزان جذب نور فاز شفاف در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۵۳ و ۶۶۶ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت مقدار کلروفیل a(CHL_a)، کلروفیل b (CHL_b) و کارتنوئید (C_{X+C}) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Dere *et al.*, 1998):

$$CHL_a = 15.65A_{666}-7.340A_{653}$$

$$CHL_b = 27.05A_{653}-11.21A_{666}$$

$$C_{x+c} = 1000A_{470}-2.860C_a- 129.2C_b/245$$

$$CHL_T = CHL_a+CHL_b$$

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری JMP8 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شوری و رقم تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و همچنین متیل جاسمونات در سطح احتمال ۵ درصد بر ارتفاع بوته داشتند اما اثر متقابل دو و سه گانه آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که در اثر ساده شوری و متیل جاسمونات، با افزایش سطح شوری ارتفاع گیاه در هر دو رقم کاهش یافت. در صورتی که محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار متیل جاسمونات باعث افزایش در ارتفاع بوته شد. در مورد رقم نیز بیشترین

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مختلف ارقام ریحان تحت تاثیر تنش شوری و محلول‌پاشی متیل جاسمونات

Table 1. Analysis of variance for different traits of basil cultivars under salinity stress and methyl jasmonate application

S. O. V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS												
			ارتفاع بوته Plant height	وزن تر ساقه Shoot fresh weight	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	کربوهیدرات کل Total carbohydrate	پرولین Prolin	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	محتوی نسبی آب برگ Relative water content	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کارتنوئید Cartenoid
Salt (S)	شوری	3	64.82**	3095.77**	332.70**	60.56**	17.38**	0.47**	0.18**	738.14**	728.59**	28.59**	7.24**	7.76**	0.27^{ns}
Cultivar (C)	رقم	1	1163.67**	1386.21**	335.68**	827.03**	71.56**	3.95**	0.12**	27.47^{ns}	776.95*	51.11**	54.06**	0.005^{ns}	0.02^{ns}
MeJA (M)	متیل جاسمونات	1	70.54*	6316.43**	66.12^{ns}	47.82*	5.63*	5.30**	1.26**	22.98^{ns}	15184.69^{ns}	0.10*	6.31*	8.00**	0.25^{ns}
S × C	شوری × رقم	3	3.37^{ns}	736.77^{ns}	91.38^{ns}	250.71**	8.93**	3.71**	0.005^{ns}	77.64^{ns}	76.87^{ns}	9.46*	3.45*	29.38**	0.13^{ns}
S × M	شوری × متیل جاسمونات	3	0.36^{ns}	587.59^{ns}	22.69^{ns}	29.95^{ns}	1.89^{ns}	0.29^{ns}	0.007^{ns}	88.98^{ns}	99.80^{ns}	29.38**	11.42**	17.74**	0.15^{ns}
M × C	متیل جاسمونات × رقم	1	1.86^{ns}	190.02^{ns}	17.29^{ns}	24.80^{ns}	0.02^{ns}	1.64**	0.03^{ns}	822.09**	247.13^{ns}	0.74^{ns}	4.61*	1.65^{ns}	0.31^{ns}
S × M × C	شوری × متیل جاسمونات × رقم	3	3.85^{ns}	148.24^{ns}	32.40^{ns}	210.25**	2.48^{ns}	0.77**	0.02^{ns}	103.99^{ns}	233.07^{ns}	6.77**	0.48^{ns}	8.95**	0.40^{ns}
Error	خطا	32	12.93	306.29	42.61	13.43	1.48	0.10	0.008	85.96	113.57	1.30	1.02	0.62	0.61
CV. (%)	درصد ضریب تغییرات		13.95	16.05	19.48	20.23	20.48	20.01	1.58	20.02	14.79	17.63	19.71	18.37	17.91

*, ** and ns: Significant at 5% and significant at 1% probability levels and not significant, respectively

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار.

ارتفاع مربوط به رقم Genove بود (جدول ۲). در آزمایش انجام شده روی ریحان مشخص شد که شوری بر طول شاخساره بی‌تاثیر بود (Norafkan *et al*., 2012).گزارش شده است که تنش شوری ارتفاع گیاه ریحان را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (Archangi and Khodambashi, 2015). افزایش شوری باعث کاهش جذب و انتقال مواد از ریشه به برگ شده و در نتیجه آن عمل فتوسنتز در گیاه کاهش یافته و بنابراین کاهش رشد و ارتفاع در گیاه رخ می‌دهد (Teimouri and Jafari, 2009). متیل جاسمونات‌ها در بسیاری از گونه‌های گیاهی برای مقابله با تنش موجودند و به صورت مولکول‌های سیگنالی سیستم دفاعی گیاهان را در مقابل عوامل تنش‌زای محیطی فعال می‌کند و بدین ترتیب باعث مقاومت گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌شود. متیل جاسمونات از طریق مشارکت در تقسیم سلولی در بافت‌های در حال رشد و فعال موجب افزایش تعداد سلول‌ها شده و بدین صورت موجب افزایش ارتفاع و طول گیاه می‌شود (Creelman and Mullet, 1995). گزارش شده است که تیمار متیل جاسمونات به مقدار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش گره‌های موجود در انگور رقم شاهانی شده است (Shirani Bidabadi *et al*., 2013).

وزن تر و خشک بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شوری و متیل جاسمونات در سطح احتمال یک درصد و رقم در سطح احتمال ۵ درصد تاثیر معنی‌داری بر وزن تر بوته داشتند، در صورتی که اثر دو و سه گانه تیمارها بر این صفت معنی‌دار نشد. همچنین شوری و رقم بر وزن خشک بوته در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی‌دار داشتند، در حالی که اثر ساده متیل جاسمونات و اثر دو و سه گانه تیمارها بر این صفت معنی‌داری نشد (جدول ۱). با افزایش شوری وزن تر و خشک بوته کاهش یافت اما با محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار متیل جاسمونات وزن تر بوته افزایش یافت، به طوری که بیشترین وزن تر و خشک ساقه در رقم Genove مشاهده شد (جدول ۲). اسید جاسمونیک مهم‌ترین هورمون مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی است که خسارات ناشی از کم آبی، سرما و شوری را کاهش می‌دهد (Li *et al*., 1998). بیشترین وزن تر و خشک ساقه در رقم Genove، سطح شوری صفر (شاهد) و محلول‌پاشی متیل جاسمونات به مقدار ۰/۵ میلی‌مولار و کمترین وزن تر ساقه و وزن خشک آن در رقم Rubi و به ترتیب در سطح شوری ۹۰ و ۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۲). در بررسی دیگری تنش شوری به طور معنی‌درای سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی در گیاه ریحان شد (Archangi and Khodambashi, 2015). گزارش شده است که تنش شوری سبب تفاوت معنی‌دار در ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و زیست توده

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، شوری و متیل جاسمونات بر صفات اندازه‌گیری مخلف ارقام ریحان

Table 2. Mean comparison of interaction effect of cultivar, salinity and methyl jasmonate on different traits of basil cultivars

متیل جاسمونیک MeJA (mM)	رقم Cultivar	شوری Salinity	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن تر ساقه Shoot fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	کربوهیدرات کل Total carbohydrate	پرولین Prolin	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	محتوی نسبی آب برگ Relative water content	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کارتنوئید Cartenoid
0	Rubi	0	40.39a	172.00a	47.20a	12.42ef	4.72a	3.80a	14.21a	19.64a	90.65a	9.12bcd	1.91a	11.03b	2.56a
		30	40.68a	135.82a	34.24a	15.97def	3.97a	2.34de	14.10a	37.52a	94.38a	3.65gh	4.81a	8.46ef	2.55a
		60	39.10a	131.35a	32.81a	12.04ef	3.43a	2.34de	14.23a	41.73a	84.92a	6.37ef	2.72a	9.10cde	2.69a
		90	36.75a	129.63a	37.99a	17.29de	4.65a	2.35de	14.42a	36.66a	82.09a	4.98fg	3.01a	8.00efg	2.11a
0	Genove	0	52.48a	189.85a	54.44a	24.41bc	10.02a	3.14bc	14.36a	11.50a	96.32a	9.55abc	-0.70a	8.81def	2.28a
		30	47.86a	136.80a	37.55a	14.44def	4.77a	3.89a	14.38a	20.66a	78.53a	2.33h	4.03a	6.36h	2.62a
		60	48.99a	161.72a	45.26a	19.56cd	5.23a	3.91a	14.28a	27.49a	66.61a	8.78bcd	1.43a	10.22bc	2.86a
		90	45.41a	139.33a	40.95a	26.77b	6.35a	3.67ab	14.57a	36.74a	60.24a	11.04a	1.72a	12.77a	2.61a
0.5	Rubi	0	44.19a	175.04a	43.22a	12.05ef	3.79a	3.18bc	13.88a	20.90a	59.15a	4.59fg	4.56a	9.16cde	2.70a
		30	41.82a	180.26a	43.61a	12.23ef	4.01a	3.11c	13.98a	25.55a	46.17a	6.22ef	2.52a	8.75def	2.03a
		60	40.60a	152.59a	37.71a	25.03bc	2.95a	2.10e	13.81a	22.26a	46.11a	4.16gh	2.78a	6.94gh	2.74a
		90	38.44a	168.59a	41.90a	10.65f	3.11a	1.26f	14.21a	28.20a	40.18a	7.49cde	2.19a	9.96bcd	2.50a
0.5	Genove	0	54.05a	203.59a	55.46a	34.30a	7.76a	1.89e	14.01a	16.04a	50.34a	7.62de	0.10a	7.72fg	2.30a
		30	52.25a	159.64a	37.04a	25.44bc	5.05a	2.66cd	13.97a	38.54a	44.47a	7.42de	1.03a	8.45ef	2.24a
		60	51.74a	167.68a	44.72a	10.63f	3.58a	2.84cd	13.94a	30.17a	36.60a	7.26de	1.08a	8.35ef	2.42a
		90	47.97a	172.64a	45.57a	28.54ab	7.41a	3.07c	14.16a	39.22a	46.16a	10.04ab	-1.14a	8.89def	2.17a

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means with similar letters in each column are not significantly different.

کل و تعداد گره در گیاهان زراعی شده است (Azarnivand and Qorbani, 2007). وزن خشک اندام هوایی هم از طریق کاهش میزان رشد رویشی و هم از طریق کاهش فتوسنتز کاهش می‌یابد. کاهش رشد رویشی و وزن خشک به دلیل کاهش آماس سلول‌ها در شرایط شور، متأثر از فرآیندهای اسمزی است (Etesami and Galeshi, 2008). از علل دیگر کاهش رشد و عملکرد گیاه در اثر شوری بالا رفتن مصرف انرژی در گیاه برای خروج یون‌های سدیم مهاجم که در محیط به مقدار وفور وجود دارند، و در نتیجه مصرف مقدار زیادی از انرژی سلولی برای سازش و مقابله با تنش شوری است که به این ترتیب رشد و عملکرد گیاه در نهایت کاهش نشان می‌دهد (Kazemzade Haqiqi, 2008). متیل جاسمونات در چنین شرایطی از طریق تاثیر بر تقویت سیستم دفاعی و همچنین فتوسنتز باعث مقاومت هرچه بیشتر گیاه به چنین شرایطی شده و باعث حفظ و زنده ماندن گیاه می‌شود.

وزن تر و خشک ریشه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده شوری و رقم و اثر دو گانه شوری × رقم و همچنین اثر سه گانه تیمارها در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده متیل جاسمونات در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن تر ریشه معنی‌داری بود ولی اثر دوگانه شوری × متیل جاسمونات و متیل جاسمونات × رقم تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند. اثر ساده شوری، رقم و اثر دوگانه شوری × رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده متیل جاسمونات در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن خشک ریشه معنی‌داری بود؛ در حالی که اثر دوگانه شوری × متیل جاسمونات، متیل جاسمونات × رقم و اثر سه گانه تیمارها تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با افزایش سطوح شوری وزن خشک ریشه کاهش نشان داد اما در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار نسبت به سطوح دیگر این کاهش وزن کمتر بود. به نظر این افزایش وزن خشک ریشه در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار از سازوکار مقاوت به شوری محسوب می‌شود. محلول‌پاشی متیل جاسمونات از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در وزن خشک ریشه ایجاد نکرد. با توجه به اثر متقابل دوگانه شوری × رقم، بیشترین وزن خشک ریشه در رقم Genove و سطح شوری صفر (شاهد) و کمترین میزان آن در رقم Rubi و سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها وزن تر ریشه در هر دو رقم با افزایش سطح شوری تا ۹۰ میلی‌مولار و بدون محلول‌پاشی متیل جاسمونات نسبت به شاهد افزایش یافته در صورتی که با محلول‌پاشی متیل جاسمونات در هر دو رقم وزن تر ریشه در شرایط تنش شوری کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین وزن تر ریشه در رقم Genove، سطح شوری صفر (شاهد) و محلول‌پاشی با متیل جاسمونات به میزان ۰/۵میلی‌مولار و کمترین

وزن تر ریشه در رقم Genove، سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار و رقم Rubi در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار و با محلول‌پاشی متیل جاسمونات به میزان ۰/۵میلی‌مولار مشاهده شد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند (جدول ۲). وجود حجم ریشه بیشتر و به دنبال آن جذب آب و مواد غذایی از فضای بیشتری از خاک یکی از ویژگی‌هایی است که در ایجاد تحمل به تنش شوری مؤثر است (Garratt *et al*., 2002). بررسی نتایج حاصل از تأثیر تنش شوری روی گیاه ریحان نشان داد که با افزایش شوری، وزن خشک ریشه در این گیاه کاهش می‌یابد (Archangi and Khodambashi, 2015). جاسمونات‌ها، فعالیت‌های زیستی گوناگونی مانند بازدارندگی رویش و جوانه‌زنی دانه و دانه‌ی گرده و مهار رشد ریشه و دستگاه‌های فتوسنتزی، دارند (Rossato *et al*., 2002). بر اساس گزارشی تیمار متیل جاسمونات در گیاه *Pharbitis nil* از طریق تولید مجدد مریستم‌های ریشه، سبب افزایش طول ریشه آن شد (Maciejewska and Kopcewicz, 2002).

کربوهیدرات‌های کل: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده شوری، رقم، متیل جاسمونات و اثر دو گانه شوری × رقم و متیل جاسمونات × رقم و اثر سه گانه تیمارها تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر این صفت داشتند ولی اثر متقابل شوری × متیل جاسمونات تاثیر معنی‌داری بر میزان کربوهیدرات کل ایجاد نکرد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که ارقام پاسخ متفاوتی در شرایط شوری نسبت به کربوهیدرات‌های کل نشان دادند به این صورت که در رقم Genove افزایش و در رقم Rubi کاهش در مقدار کربوهیدرات‌های کل مشاهده شد. مطابق جدول ۲ کربوهیدرات‌های کل در رقم Rubi با افزایش سطح شوری نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت، در صورتی که در رقم Genove با افزایش سطح شوری تا ۹۰ میلی‌مولار افزایش نشان داد که این کاهش و افزایش در مقدار کربوهیدرات‌های کل در هر دو رقم در حضور متیل جاسمونات محسوس‌تر بود (جدول ۲). چنین استنباط می‌شود که پاسخ ارقام مختلف به محلول‌پاشی متیل جاسمونات تحت تاثیر ژنوتیپ گیاه قرار می‌گیرد و در این خصوص می‌توان گفت که چون رقم Genove سبز بوده و از میزان کلروفیل بیشتری نسبت به رقم Rubi که فنوتیپ بنفش دارد برخوردار است، بنابراین میزان فتوسنتز بیشتر و در نتیجه آن میزان کربوهیدرات بیشتری در مقایسه با رقم Rubi دارد. بیشترین میزان قندهای محلول در رقم Genove و سطوح شوری ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار و همچنین در رقم Rubi و سطح شوری صفر (شاهد) مشاهده و کمترین مقدار آن در رقم Rubi در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار و محلول‌پاشی متیل جاسمونات به میزان ۰/۵ میلی‌مولار حاصل شد. گسترش برگ‌ها

پس از این که گیاه در معرض شوری قرار گرفت کاهش یافته و تا مدتی این کاهش ادامه می‌یابد. وقتی سرعت زوال برگ‌ها بیش از سرعت گسترش آن‌ها باشد، مقدار مواد ذخیره‌ای کربوهیدرات گیاه به نسبت کاهش سطح برگ کاهش می‌یابد، اما مقدار کربوهیدرات لازم برای رشد گیاه به احتمال زیاد افزایش می‌یابد، مخصوصاً با ادامه یافتن رشد ریشه نسبت به ساقه و در نهایت گیاه قادر به فراهم کردن کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد کل گیاه نخواهد بود. لذا گسترش سطح برگ متوقف شده، به مرور بنیه گیاه ضعیف می‌شود. این مسأله با نکروزه شدن برگ‌ها نمود می‌یابد که عموماً با زرد شدن برگ‌ها همراه می‌شود (Shahbazi and Mohaqeqdust, 1996). متیل جاسمونات می‌تواند از طریق افزایش یا جلوگیری از کاهش عملکرد فتوسنتزی گیاه سبب تولید غیرمستقیم کربوهیدرات‌ها و دیگر مواد مورد استفاده در متابولیسم‌های گیاه شود و بدین صورت سبب مقاومت گیاه به شرایط تنش شود. متیل جاسمونات با فعال کردن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در کلروپلاست از تخریب کلروفیل و کاهش فتوسنتز جلوگیری کرده و بدین ترتیب موجب بهبود رشد و فعالیت گیاه می‌شود (Popova *et al.*, 2003).

پرولین: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده شوری، رقم و متیل جاسمونات تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر میزان پرولین برگ ریحان داشتند ولی اثر متقابل دو و سه گانه آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۱). بررسی داده‌های حاصل از مقایسه میانگین مربوط به اثر ساده این صفت نشان داد، افزایش شوری سبب افزایش میزان پرولین و محلول‌پاشی متیل جاسمونات سبب کاهش در میزان پرولین شد. همچنین ارقام از این نظر واکنش متفاوتی را نشان دادند، به طوری که میزان پرولین در رقم Genove بیشتر از رقم Rubi بود. استفاده از تنظیم کننده رشد متیل جاسمونات در افزایش مقدار پرولین بی‌تأثیر نبوده است. کاربرد متیل جاسمونات در هنگام تنش‌های مختلف از جمله شوری، کم آبی و جراحت، برای افزایش مقاومت با القاء آنزیم سنتزکننده پرولین، باعث افزایش تولید پرولین می‌شود (Fedina and Benderliev, 2000). در این آزمایش نیز تیمار متیل جاسمونات باعث افزایش تولید پرولین در ارقام ریحان شد.

شاخص پایداری غشاء: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده شوری و اثر دو گانه متیل جاسمونات × رقم تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر روی نشت الکترولیت داشتند در صورتی که بقیه اثرهای ساده، دو گانه و سه گانه تیمارها معنی‌دار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر ساده شوری نشان داد که بیشترین نشت الکترولیت در سطح شوری ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد. بر اساس مقایسه میانگین اثر متقابل دو گانه متیل جاسمونات × رقم بیشترین نشت الکترولیت در

رقم Rubi و عدم استفاده متیل جاسمونات و کمترین میزان آن در همین رقم و در محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار متیل جاسمونات و همچنین در رقم Genove و عدم محلول‌پاشی متیل جاسمونات مشاهده شد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یک دیگر نداشتند. تحقیقات نشان داده است که در شرایط تنش، پایداری غشاء سلولی کاهش یافته و درصد آسیب‌پذیری و میزان نشت الکترولیت آن افزایش می‌یابد (Salimi *et al*., 2010؛ Abraham *et al*., 2004). متیل جاسمونات با بالا نگه داشتن سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان مانند کاتالاز و سوپر اکسید دیسمیوتاز مانع اثر رادیکال‌های آزاد حاصل از تنش بر غشاء سلولی می‌شود (Wang, 1999).

محتوی نسبی آب برگ: بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده شوری و متیل جاسمونات بر محتوی نسبی آب برگ در سطح یک درصد و رقم در سطح ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار شدند، در صورتی که اثر متقابل دوگانه و سه گانه تیمارها بر این صفت معنی‌دار نشدند (جدول ۱). بر اساس مقایسه اثر ساده تیمارها، افزایش شوری و همچنین محلول‌پاشی متیل جاسمونات سبب کاهش محتوی نسبی آب برگ شدند. محتوی نسبی آب برگ در رقم Rubi بیشتر از رقم Genove مشاهده شد. گزارش شده است که با افزایش تنش شوری روی گیاه ارزن محتوی نسبی آب برگ کاهش می‌یابد (Eshqizade *et al*., 2013). نتایج این آزمایش با یافته‌های محققین دیگر در ارتباط با تنش شوری بر محتوی نسبی آب برگ در گیاهان صنوبر، اسفناج کوهی و ذرت همخوانی داشت (Çiçek and Çakirlar, 2002؛ Yang *et al*., 2009؛ Sai *et al*., 2011).

محتوی کلروفیل و کارتنوئید: با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر ساده شوری و رقم، اثر دو گانه شوری × رقم و شوری متیل جاسمونات و اثر سه گانه تیمارها تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر محتوی کلروفیل a داشتند، ولی اثر ساده متیل جاسمونات و اثر دو گانه متیل جاسمونات × رقم تاثیر معنی‌داری ایجاد نکردند. در مورد کلروفیل b نیز اثر ساده شوری، رقم و اثر دوگانه شوری × رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده متیل جاسمونات و اثرات دوگانه متیل جاسمونات × رقم و شوری × رقم در سطح احتمال ۵ درصد تاثیر معنی‌داری داشتند، ولی اثر سه گانه تیمارها تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند. بررسی اثر تیمارها بر کلروفیل کل نشان داد که اثرات ساده شوری، متیل جاسمونات و اثر دوگانه شوری × رقم و شوری × متیل جاسمونات و همچنین اثر سه گانه تیمارها در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی‌داری بر این صفت داشتند، ولی رقم و اثر دوگانه متیل جاسمونات × رقم تاثیر معنی‌داری نداشتند. روی کارتنوئید هیچ کدام از تیمارها و اثر متقابل آن‌ها تاثیر معنی‌داری را ایجاد نکردند (جدول ۱). بیشترین میزان

کلروفیل a در رقم Genove و در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار و کمترین مقدار آن در همین رقم و سطح شوری ۳۰ میلی‌مولار بدون محلول‌پاشی متیل جاسمونات مشاهده شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین اثر دوگانه شوری × متیل جاسمونات بیشترین میزان کلروفیل b در سطح شوری ۳۰ میلی‌مولار و بدون محلول‌پاشی متیل جاسمونات و کمترین میزان آن در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار و محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار متیل جاسمونات مشاهده شد که به نظر می‌رسد محلول‌پاشی متیل جاسمونات اثر منفی در میزان این کلروفیل داشته است. همچنین بیشترین میزان این کلروفیل در رقم Rubi و بدون محلول‌پاشی متیل جاسمونات و کمترین میزان آن در رقم Genove و با محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار متیل جاسمونات مشاهده شد که نشان می‌دهد متیل جاسمونات تاثیر منفی بر این کلروفیل داشته است. بیشترین و کمترین میزان کلروفیل کل هم در رقم Genove و به ترتیب در سطح شوری ۹۰ و ۳۰ میلی‌مولار بدون محلول‌پاشی متیل جاسمونات مشاهده شد. سطوح مختلف شوری و همچنین محلول‌پاشی متیل جاسمونات از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در میزان کارتنوئید نداشت (جدول ۲). افزایش جذب نمک و سمیت یونی، سبب اختلال در کارکرد سلولی و آسیب رساندن به فرآیندهای فیزیولوژیک، از قبیل فتوسنتز و تنفس سلولی می‌شود. شوری با ایجاد تغییرات مضر در تعادل یون‌ها، وضعیت آب، عناصر غذایی، عملکرد روزنه و کارآیی فتوسنتز موجب کاهش فرآیندهای رشد و نموی گیاه نظیر جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و در نهایت، کاهش میزان تولید محصول در گیاه می‌شود (Munnes, 2002). به نظر می‌رسد دلیل کاهش محتوی کلروفیل در شرایط تنش شوری افزایش تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش تولید آن‌ها و همچنین اختلال در فعالیت آنزیم‌های سنتزکننده کلروفیل باشد. در برخی گزارش‌ها تخریب کلروفیل توسط یون‌های سدیم و به دنبال آن کاهش غلظت آن در برگ در سطوح متوسط شوری مطرح شده است (Pandey and Saxena, 1987). یافته‌های محققین در خصوص افزایش یا کاهش محتوی کلروفیل تحت تنش شوری باهم دیگر در تضاد است. بر اساس گزارشی شوری سبب کاهش میزان کلروفیل برگ در گیاه یولاف شد (Zhao *et al*., 2007). در صورتی که در تحقیقی دیگر افزایش کلروفیل با افزایش شوری در کاهو گزارش شد (Han and Lee, 2005). در ارقام سورگوم علوفه‌ای نیز در تنش شوری کاهش کلروفیل a، b و کلروفیل کل گزارش شده است (Yarnia, 2007). در مورد نقش متیل جاسمونات بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی نیز نتایج متفاوتی توسط محققین به دست آمده است. گزارش شده است که در حضور نور و با استفاده از متیل جاسمونات تشکیل کلروفیل a و b در لاله تحریک شده است (Ueda and Saniwski, 2006). در صورتی که جاسمونیک اسید در گیاه صنوبر هیچ تاثیری

بر مقدار کلروفیل و فتوسنتز نداشته است (Babst *et al*., 2005). همچنین کاهش مقدار کلروفیل و آنزیم روبیسکو در برگ‌های جو تحت تیمار متیل جاسمونات گزارش شده است (Weidhase *et al*., 1987). این محققین بیان کردند که متیل جاسمونات در بیان یک سری از ژن‌های آنزیم‌های کلیدی در بیوسنتز کلروفیل از طریق تشکیل آمینولوونیک اسید دخالت دارند. در تحقیقی دیگر گزارش شد که جاسمونات باعث ترمیم پیگمان‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل a و کارتنوئیدها در عدسک آبی می‌شود (Piotrowska *et al*., 2009). متیل جاسمونات با فعال کردن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در کلروپلاست از تخریب کلروفیل و کاهش فتوسنتز جلوگیری کرده و بدین ترتیب موجب بهبود رشد و فعالیت گیاه می‌شود (Popova *et al*., 2003).

در یک جمع‌بندی، با توجه به نتایج، تیمار شوری حاصل از کلرید سدیم سبب کاهش صفات مورفولوژیکی، کاهش محتوی نسبی آب برگ و افزایش هدایت الکتریکی و پرولین در گیاه ریحان شد. البته پاسخ ارقام نسبت به این تیمار متفاوت بود. رقم Genove تغییرات محسوس‌تری نسبت به رقم Rubi از خود نشان داد که علت آن را بایستی به تفاوت در ویژگی ژنتیکی این ارقام مربوط دانست. رقم Genove فنوتیپ سبز دارد و از ارتفاع بیشتر و ساقه و برگ‌های نرم و آبکی‌تری نسبت به رقم Rubi که فنوتیپ بنفش دارد برخوردار است. محلول‌پاشی متیل جاسمونات توانست تا حدودی اثر سوء تنش شوری را از طریق افزایش سیستم دفاعی گیاه کاهش دهد. متیل جاسمونات از جمله هورمون‌های گیاهی کشف شده جدید است که می‌تواند در شرایط تنش به کمک گیاه آمده و سیستم دفاعی آن را تقویت کند تا بتواند از شرایط تنش عبور کند.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۲/۳۸۳۷۲ با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

References

Abraham, E. M., Huang, B., Bonos, S. A., and Meyer, W. A. 2004. Evaluation of drought resistance for Texas bluegrass, Kentucky bluegrass, and their hybrids. Crop Science 44: 1746-1753.

Archangi, A., and Khodambashi, M. 2015. Effects of salinity stress on morphological characteristics, essential oil content and ion accumulation in basil (*Ocimum basilicum*) plant under hydroponic conditions. Science and Technology of Greenhouse Culture 17(5): 125-138 (in Persion).

Azarnivand, H., and Qorbani, M. 2007. The effect of sodium chloride on the germination of two species of pasture *Puccinella distans* L. and *Frankenia hirsuta* L. Iranian Journal of Range and Desert Reseach 4(3): 352-358 (in Persian).

Babst, B. A., Ferrieri, R. A., Gray, D. W., Lerdau, M., Schlyer, D. J., Schueller, M.,Thrope, M. R., and Orians, C. M. 2005. Jasmonic acid induces rapid changes in carbon transport and partitioning in Populus. New Phytologist 167: 63-72.

Bari, R., and Jones, J. D. G. 2009. Role of plant hormones in plant defense responses. Plant Molecular Biology 69:473–488.

Çiçek, N., and Çakirlar, H. 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Bulgarian Journal of Plant Physiology 28(1–2): 66-74.

Comparot, S. M., Graham, C. M., and Reid, D. M. 2002. Methyl jasmonate elicits a differential antioxidant response in light and dark grown canola (*Brassica napus*) roots and shoots. Journal of Plant Growth Regulation 38: 21-30.

Creelman R. A., and Mullet, J. E. 1995. Jasmonic acid distribution and action in plants: Regulation during development and response to biotic and abiotic stress. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA 92: 4114-4119.

Dere, S., Gunes, T., and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll- a, b and total carotenoids contents of some algae species using different solvents. Botany 22: 13-17.

Eshqizade Samani, H., Kafi, M., Nezami, A., and Khoshgoftar Manesh, A. H. 2013. The effect of salinity on leaf water status, proline, total soluble sugars and antioxidant activity of blue panic grass. Science and Technology of Greenhouse Culture 18(5): 11-24 (in Persian).

Etesami, M., and Galeshi, A. 2008. Assess the reaction of ten genotypes to salinity during seed germination and seedling growth. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 15(5): 39-46 (in Persian).

Fedina, I. S., and Benderliev, K. M. 2000. Response of *Secendesmusincras satulus* to salt stress as affected by methyl jasmonate. Biologia Plantarum 43(4): 625-627.

Garratt, L. C., Janagoudr, B. S., Lowe, K. C., Anthony, P., Power, J. B.و and Davey, M. R. 2002. Salinity tolerance and antioxidant status in cotton cultures. Free Radical Biology and Medicine 33(4): 502-511.

Han, H. S., and Lee, K. D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(3): 210-215.

Hedge, J. E., and Hofreiter, B. T. 1962. Carbohydrate Chemistry. Academic Press, New York, USA.

Javanmardi, J., Khalighi, A., Kashi, A., Bais, H. P., and Vivanco, J. M. 2002. Chemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) found in local accessions and used in traditional medicines in Iran. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50(21): 5878-5883.

Kazemzadeh Haqiqi, A. 2008. Evaluation of salinity tolerance in relation to proline and soluble sugars accumulation on 9 forage sorghum cultivars. Plant Science Research 1(1): 15-23 (in Persian).

Keramt, B., and Daneshmand, F. 2012. Dual role of methyl jasmonate in physiological responses of soybean (*Glycine max* L.) plant. Journal of Plant Process and Function 1(1): 26-38 (in Persian).

Li, L., van Staden, J., and Jager, A. K. 1998. Effect of plant growth regulators on the antioxidant system in seedling of two maize cultivars subjected to water stress. Plant Growth Regulation 25: 81-87.

Maciejewska, B., and Kopcewicz, J. 2002. Inhibitory effect of methyl jasmonate on flowering and elongation growth in *Pharbitis nil*. Plant Growth Regulation 21: 216-223.

Marcum, K. B. 1998. Cell membrane theromotability and whole-plant heat tolerance of *Kentucky bluegrass*. Crop Science 38: 1214-1218.

Munnes, R. 2002. Comprative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environment 25(2): 239-250.

Nazarbigi, A., and Baluchi, N. 2011. Evalute the interaction effects of salicylic acid and sodium chloride on the activity of catalase and peroxidase on two canola varieties. Physiological Crops 3(3): 196-204 (in Persian).

Norafkan, H., Angoti, F., and Hasani Dastgiri, S. 2012. Effects of salicylic acid on chlorophyll and some morphological properties of basil (*Ocimum basilicum*) under sodium chlorid stress. The First National Conference on Ways to Achieve Sustainable Development, Gorgan, Iran (in Persian).

Pandey, V. K., and Saxena, H. K. 1987. Effects of soil salinity on chlorophyll, photosynthesis, respiration and ionic composition at various growth stages in paddy. Indian Journal of Agricultural Chemistry 20(2): 40-155.

Piotrowska, A., Bajguz, A., Godlewska Zylkiewicz, B., and Czerpak, R. 2009. Jasmonic acid modulator of lead toxicity in aquatic plant *Wolffia arrhiza* (Lemnaceae). Environmental and Experimental Botany 66: 507-513.

Popova, L., Ananieva, E., Hristova, V., Christov, K., Georgieva, K., Alexieva, V., and Stoinova, Z. H. 2003. Salicylic acid and methyl jasmonate induced protection on

photosynthesis to paraquat oxidative stress. Bulgarian Journal of Plant Physiology 18: 133-152.

Qaseminezhad, P., Mehrafarin, A., Biglori, M., and Mansuri, M. 2011. The effect of light and salinity stress on germination and growth seedlings of artichokes. Proceedings of the Second National Conference on Seed Science and Technology, Islamic Azad University of Mashhad, Mashhad, Iran (in Persian).

Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Haloday, A.S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.

Rossato, L., Le Dantec, C., Laine, P., and Ourry, A. 2002. Nitrogen storage and remobilization in *Brassica napus* L. during the growth cycle: identification, and immunolocalization of a putative taproot storage glycoprotein. Journal of Experimental Botany 53: 265-275.

Sai Kachout, S., Ben Mansoura, A., Jaffel Hamza, K., Leclerc, J. C., Rejeb, M. N., and Ouerghi, Z. 2011. Leaf–water relations and ion concentrations of the halophyte *Atriplex hortensis* in response to salinity and water stress. Acta Physiologiae Plantarum 33(2): 335-342.

Salimi, F., Shekari, F., Azimi, M. R., and Zangani, A. 2010. Role of methyl jasmonate on improving salt resistance through some physiological characters in German chamomile, (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(4): 700-711 (in Persian).

Shafizade, M., Parsa, S., Ahmadi, K., and Alizadeh, R. 2011. Effect of seed preparation on germination improving and seedling growth of medicinal plant

artichokes under salt stress. Proceedings of the Second National Conference on Seed Science and Technology, Islamic Azad University of Mashhad, Mashhad, Iran. pp. 213-217 (in Persian).

Shahbazi, M., and Mohaqeqdust, Z. 1996. Evalute of sodium chloride effects on growth and accumulation of organic and mineral compounds in wheat. Iranian Journal of Agricultural Sciences 27(4): 70-78 (in Persian).

Shirani Bidabadi, S., Mehri, H., Ghobadi, C., Baninasab, B., and Afazel, M. 2013. Morphological, physiological and antioxidant responses of some Iranian grapevine cultivars to methyl jasmonate application. Journal of Crop Science and Biotechnology 16(4): 277- 283.

Srivastava, L. M. 2002. Plant Growth and Development. Hormones and Environment. Academic Press, New York, USA.

Teimouri, A., and Jafari, M. 2010. The effects of salinity stress on some of anatomical and morphological characteristics in three Salsola species: *S. rigida*, *S. dendroides*, *S. richteri*. Iranian Journal of Range and Desert Reseach 17(1): 21-34 (in Persian).

Ueda, J., and Saniewski, M. 2006. Methyl jasmonate–induced stimulation of chlorophyll formation in the basal part of tulip bulbs kept under natural light conditions. Journal of Fruit and Ornamental Plant Reserch 14: 199-210.

Wang, S. Y. 1999. Methyl Jasmonate reduces water stress in strawberry. Journal of Plant Growth Regulation 18: 127-134.

Weidhase, R., Kramell, H. M., Lehmann, J., Liebisch, H. W., Lerbs, W., and Parthier, B. 1987. Methyl jasmonate-induced changes in the polypeptide pattern of senescing barley leaf segments. Plant Science 51: 177-186.

Yang, F., Xiao, X., Zhang, S., Korpelainen, H., and Li, C. 2009. Salt stress responses in *Populus cathayana* Rehder. Plant Science 176: 669-677.

Yarnia, M. 2007. Evaluation of some physiological indices of forage sorghum cultivars under salt stress conditions. Journal of Agricultural Sciences, Islamic Azad University of Tabriz 1(1): 1-15 (in Persian).

Zhao, G. Q., Ma, B. L., and Ren, C. Z. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of Naked oat in response to salinity. Crop Science 47: 123-131.